מחישוביות עצבית לבינה מלאכותית

היבטים מתמטיים-חישוביים, נוירופיזיולוגיים ופסיכולוגיים של למידה עמוקה לבינה מלאכותית

From Theoretical Neuroscience to Artificial Intelligence

Computational, Neurophysiological and Psychological Aspects of Deep Learning

פיתוח הקורס: ד"ר נוריאל ש. מור

פסיכולוגיה קלינית (Ph.D.)
פסיכולוגיה יישומית (M.Sc.)
מדעי המחשב (M.Sc.)
מדעי הרפואה: פיזיולוגיה ופרמקולוגיה (M.Sc.)
חוג לאחר תואר במדעי המחשב (B.Sc.)
תעודת הוראה במתמטיקה (B.Ed.)
פסיכולוגיה וביולוגיה בהדגש מדעי המוח (B.Sc.)

nuriel.mor@gmail.com

0523572145

ספר הקורס: נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.

אנו עדים בימים אלו לפריצת דרך בשילוב של בינה מלאכותית ביישומים רבים בתחומים שונים ומגוונים: דיאגנוסטיקה וטיפול רפואי, מחקר גנטי, מחקר פיזיקת החלקיקים (particle physics) בחיפוש אחר מודל פיזיקה חדש שיחליף את המודל הסטנדרטי ,בנקאות ממוחשבת, קבלת תוכן מותאם אישית באינטרנט (ספרים, סרטים, פרסומות, חופשות וכו'), זיהוי פנים ואובייקטים, זיהוי דיבור, והרשימה עוד ארוכה מאוד. חוקרים כדוגמת, Andrew Ng, משווים את ההשפעה של פריצת דרך זו למהפכה התעשייתית ולהמצאת החשמל! המשותף לכל יישומים אלו הוא שהם מבוססים על עקרון אלגוריתמי זהה של למידה עמוקה ברשתות נוירונים מלאכותיות עמוקות. דוגמא מפורסמת, ליכולת של רשתות נוירונים מלאכותית עמוקות ביישום של בינה מלאכותית, היא רכב ללא נהג שלומד לנהוג אוטונומית לחלוטין, בהתבסס על נתוני הדרך. פריצת דרך זו, בשילוב של בינה מלאכותית, היא בזכות פיתוח טכניקות חדשות של למידה עמוקה, שפותחו רק בעשור האחרון. למידה עמוקה ברשתות נוירונים מלאכותיות היא תרגום אלגוריתמי-מתמטי של הביטוי הביוכימי של למידה במוח ובהשראת המוח.

בדרך כלל, קורסים של למידה עמוקה ובינה מלאכותית עוסקים רק בהיבט מעשי-יישומי של מדעי המחשב, עם אזכורים שטחיים מאוד של היבטים נוירופיזיולוגיים, וללא התייחסות מספקת למחקר בתחום החישוביות עצבית (theoretical neuroscience). תצפיות מתחום הנוירופיזיולוגיה, וחישוביות עצבית, הן ההשראה התיאורטית ליישומי למידה עמוקה לבינה מלאכותית, ומאפשרת לחוקרים השראה תיאורטית להמשך פיתוח התחום. קורס זה ייחודי בכך שהוא מציע תמונה שלמה של למידה עמוקה ובינה מלאכותית, מהיבט נוירופיזיולוגי, מתמטי של חישוביות עצבית, יישומי-אלגוריתמי של מדעי המחשב, ופסיכולוגי-פילוסופי. תחומים אלו באופן מפתיע משלימים זה את זה. לא רק שהנוירופיזיולוגיה מספקת השראה לבינה מלאכותית, אלא שלניסויים של בינה מלאכותית במדעי המחשב, יש השלכות לגבי מנגנונים מוחיים אפשריים של למידה. קורס זה מציע סקירה עדכנית לגבי מה המדע מזוויות המחקר השונות (נוירופיזיולוגיה, פסיכולוגיה, מתמטיקה, ומדעי המחשב) יכול לומר על החוקיות של ביטוי הלמידה במוח.

רשימת נושאים

	נושא	תחום	מקורות
1	מהי בינה מלאכותית? עקרונות ויסודות. בין בינה מלאכותית לבינה אנושית. דיון בפילוסופיה של הנפש ובבעיית גוף ונפש בהקשר היחס בין בינה מלאכותית לתכונות נפש אנושיות.	פסיכולוגיה ופילוסופיה	Carlson, N. R., Birkett, M. A. (2017). *Physiology of behavior*. Pearson. ישעיהו ליבוביץ (1982), גוף ונפש - הבעיה הפסיכו-פיזית, תל אביב: הוצאת אוניברסיטה משודרת ישעיהו ליבוביץ (1972), הפסיכולוגיה – מדע? http://www.leibowitz.co.il/leibarticles.asp?id=25 ישעיהו ליבוביץ (1970), המוח והתודעה. http://www.leibowitz.co.il/leibarticles.asp?id=4 נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
2	הנוירון: מורפולוגיה ופיזיולוגיה.	נוירופיזיולוגיה	Carlson, N. R., Birkett, M. A. (2017). *Physiology of behavior*. Pearson. נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
3	פוטנציאל פעולה בנוירון. קידוד אינפורמציה בנוירון.	נוירופיזיולוגיה	Carlson, N. R., Birkett, M. A. (2017). *Physiology of behavior*. Pearson. נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
4	תקשורת בין נוירונים ורשתות נוירונים.	נוירופיזיולוגיה	Carlson, N. R., Birkett, M. A. (2017). *Physiology of behavior*. Pearson. נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
5	ביטוי למידה במוח: מנגנון ביוכימי לפלסטיות סינפטית.	נוירופיזיולוגיה	Carlson, N. R., Birkett, M. A. (2017). *Physiology of behavior*. Pearson. נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.

Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). Theoretical neuroscience. Cambridge, MA: MIT Press.	מתמטיקה Theoretical Neuroscience	אפיון מתמטי לפעילות נוירון: Neural response function Spike count rate Firing rate Average firing rate	6
Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). Theoretical neuroscience. Cambridge, MA: MIT Press.	מתמטיקה Theoretical Neuroscience	אפיון מתמטי לתקשורת בין נוירונים ולתקשורת ברשתות נוירונים: Firing rate models Total synaptic current Firing rate model with current dynamics Feedforward and recurrent networks	7
Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). Theoretical neuroscience. Cambridge, MA: MIT Press.	מתמטיקה Theoretical Neuroscience	אפיון מתמטי לפלסטיות סינפטית: Hebb rule The covariance rule: long term potentiation (LTP) & long term depression (LTD) The BCM rule Synaptic normalization Timing-based rules	8

9	נוירון מלאכותי: התחלה של בינה מלאכותית בהשראת המוח.	*מדעי המחשב- בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
10	רשת נוירונים מלאכותית חד שכבתית ואלגוריתם הלמידה ברשת חד שכבתית - בהשראת ביטוי הלמידה במוח (פלסטיות סינפטית)	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
11	יכולות ומגבלות של רשת נוירונים מלאכותית חד שכבתית	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
12	טריק מתמטי להתגברות על מגבלות רשת חד שכבתית	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
13	רשת נוירונים מלאכותית רב שכבתית ואלגוריתם הלמידה ברשת רב שכבתית - בהשראת הליך עבוד האינפורמציה במוח	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
14	אתגר ראשון ברשת רב שכבתית (מינימום לוקלי/נקודת אוכף) והפתרון (התאמת קבוע למידה והוספת מומנטום)	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
15	בעיית התאמת יתר ברשת נוירונים עמוקה, רב שכבתית, והפתרונות עד לשנת 2006	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
19	פריצת דרך במחקר של רשתות עמוקות בשנת 2006: Unsupervised pre-training	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y. W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. Neural computation, 18(7), 1527-1554 Hinton, G. E. (2007). To recognize shapes, first learn to generate images. *Progress in brain research, 165, 535-547* Li, J., Luo, W., Yang, J., & Yuan, X. (2013). Unsupervised Pretraining Encourages Moderate-Sparseness. *arXiv preprint arXiv:1312.5813.* נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.

20	התקדמות נוספת בשנת 2011: Deep sparse rectifier neural networks	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	Glorot, X., Bordes, A., & Bengio, Y. (2011, June). Deep sparse rectifier neural networks. *In Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (pp. 315-323).* נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.
21	התקדמות נוספת בשנת 2012: Dropout	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	Srivastava, N., Hinton, G. E., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, *15*(1), 1929-1958. Hinton, G. E., Srivastava, N., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. R. (2012). Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors. *arXiv preprint arXiv:1207.0580*. נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.

LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE, 86(11), 2278-2324.* Srivastava, N., Hinton, G. E., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, *15*(1), 1929-1958. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 1026-1034). He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 770-778). נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.	מדעי המחשב – בינה מלאכותית	דוגמאות לשיא הטכנולוגיה של יישום למידה עמוקה לבינה מלאכותית (זיהוי אובייקטים) AlexNet, 2012. VGG Net, 2014. GoogleNet, 2014. ResNet, 2015. רשת ResNet, מניבה ביצועים טובים יותר מביצוע אנושי, מה הן ההשלכות?	22
Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). Theoretical neuroscience. Cambridge, MA: MIT Press. Reinforcement learning by Udacity. Neural Networks for Machine Learning by University of Toronto (Geoffrey Hinton) on Coursera. Machine Learning by Stanford University (Andrew Ng) on Coursera.	נוירופיזיולוגיה, מתמטיקה ומדעי המחשב	הרחבה: Supervised, Unsupervised & Reinforcement Learning וההקשר המוחי של כל סוג למידה	23

24	סיכום עקרונות של בינה מלאכותית. לאחר שלמדנו את עקרונות בינה מלאכותית בהשארת המוח, נשוב לדון בשאלה הראשונה שפתחה את הקורס, העוסקת בהקבלה (או בחוסר הקבלה) בין בינה מלאכותית לתכונות נפש אנושיות.	פסיכולוגיה ופילוסופיה	Carlson, N. R., Birkett, M. A. (2017). *Physiology of behavior*. Pearson. ישעיהו ליבוביץ (1982), גוף ונפש - הבעיה הפסיכו-פיזית, תל אביב: הוצאת אוניברסיטה משודרת ישעיהו ליבוביץ (1970), המוח והתודעה. http://www.leibowitz.co.il/leibarticles.asp?id=4 ישעיהו ליבוביץ (1972), הפסיכולוגיה – מדע? http://www.leibowitz.co.il/leibarticles.asp?id=25 נוריאל ש. מור (2017). למידה עמוקה לבינה מלאכותית.

* האלגוריתמים בחלק של מדעי המחשב ימומשו בשפת Python